

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 16 777.3

**Anmeldetag:** 11. April 2003

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG, 81669 München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung  
für ein Bauelement

**IPC:** H 01 L, B 81 B, B 81 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 07. April 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

Stremme

PATENTANWÄLTE

European Patent Attorneys  
European Trademark Attorneys

Patentanwälte · Postfach 246 · 82043 Pullach bei München

**Infineon Technologies AG**  
**St.-Martin-Straße 53**

**81669 München**

Fritz Schoppe, Dipl.-Ing.  
Tankred Zimmermann, Dipl.-Ing.  
Ferdinand Stöckeler, Dipl.-Ing.  
Franz Zinkler, Dipl.-Ing.

Telefon/Telephone 089/790445-0  
Telefax/Facsimile 089/790 22 15  
Telefax/Facsimile 089/74996977  
e-mail: szsz\_iplaw@t-online.de

---

**Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung für ein  
Bauelement**

---

## Beschreibung

Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung für ein Bauelement

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung für ein Bauelement und insbesondere auf die Erzeugung einer Schutzabdeckung für Bauelemente, die Bereiche enthalten, deren Funktion durch Spritzgussgehäuse beeinträchtigt würde, wie beispielsweise SAW-Filter (SAW = Surface Acoustic Wave = akustische Oberflächenwelle), BAW-Filter (Bulk Acoustic Wave = akustische Volumenwelle), Resonatoren, Sensoren, z. B. oberflächenmikromechanische Sensoren, z. B. Beschleunigungssensoren, Drehratensensoren und ähnliches, Aktoren und/oder Bauelemente mit oberflächenmikromechanischen Strukturen, deren Funktion durch ein Spritzgussgehäuse beeinträchtigt würde. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf ein Verfahren zum Erzeugen einer solchen Schutzabdeckung für die Bauelemente auf Waferebene.

20

Herkömmlicherweise werden Bauelemente auf und/oder in einem Substrat erzeugt, wobei nach Fertigstellung des Bauelements das Substrat, welches das Bauelement umfasst, in einem Spritzgussgehäuse geschützt angeordnet wird. Bei dieser Anordnung ist das Substrat und das Bauelement zumindest im Bereich des Bauelements vollständig in das Material des Spritzgussgehäuses eingebettet. Diese Vorgehensweise ist für Bauelemente nachteilhaft, deren Funktion durch dieses Material beeinträchtigt wird, die also für eine ordnungsgemäße Funktionsfähigkeit einen Freiraum benötigen, wie dies beispielsweise bei den oben genannten Bauelementen erforderlich ist.

25

30

35

Ein bekannter Ansatz, um diese Problematik betreffend Spritzgussgehäuse zu lösen, besteht darin, ein „Gegensubstrat“ vorzusehen, in das eine entsprechende Öffnung eingebracht

ist, so dass beim Zusammenfügen des Bauelementsubstrats und des Gehäusesubstrats der Hohlraum im Bereich des Bauelements in dem Bauelementsubstrat angeordnet ist, so dass hier keine Beeinträchtigung des Bauelements mehr auftritt. Auf Waferebene wird entsprechend ein Wafer mit den entsprechenden Strukturen für die Bauelemente erzeugt (Systemwafer), der mit einem zweiten Wafer (Deckelwafer), der entsprechende Gruben und Löcher aufweist, die beispielsweise durch Ätzen desselben hergestellt wurden, verbunden wird, z. B. durch einen Bondvorgang. Auf diese Art und Weise werden die Gruben des zweiten Wafers Hohlräume über den empfindlichen Strukturen des ersten Wafers bilden, wobei durch Löcher im zweiten Wafer die Anschlussstellen (Kontaktpads) des ersten Wafers zugänglich sind. Hierdurch werden die empfindlichen Strukturen geschützt. Alternativ zu den gerade beschriebenen Vorgehensweisen werden auch Keramikgehäuse verwendet.

Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass hier stets ein zweites Substrat bzw. ein zweiter Wafer zu strukturieren ist, was eine von dem ersten Wafer getrennte Prozessierung und Bearbeitung erforderlich macht. Dies führt zu einer sehr aufwendigen Gesamtherstellung und erhöht ferner die Anforderungen hinsichtlich der erforderlichen Prozessgenauigkeit. Ein weiterer Nachteil der Vorgehensweise besteht darin, dass bei der Verbindung des Deckelwafers mit dem Systemwafer zusätzlich Druck und Temperatur angewendet werden müssen, und dass die Anforderungen an die Oberflächenqualität und -reinheit dementsprechend hoch sind. Ein weiterer, noch schwerwiegender Nachteil besteht darin, dass während dieses Bondprozesses die mikroelektromechanischen Strukturen schon frei liegen, so dass hier ein zusätzliches Ausbeuterisiko existiert.

In der nachveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 102 00 869 A wird ein alternatives Verfahren beschrieben, welches eine Opferschicht und eine durch ein Photoresist gebildetes Abdeckungselement beschreibt. Die Opferschicht

wird über dem Bereich des Substrats, in dem das Bauelement gebildet ist, gebildet, in dem später der Hohlraum zu erzeugen ist. Über die Opferschicht wird eine Photoresistschicht aufgebracht, in die Löcher eingebracht werden, um die Opferschicht im Bereich der Löcher freizulegen. Anschließend wird die Opferschicht durch geeignete Maßnahmen entfernt und die Löcher in der Photoresistschicht werden verschlossen. Der Nachteil dieser Vorgehensweise ist in der Strukturierung der Löcher in der Resistschicht oberhalb der Opferschicht zu sehen. Aufgrund der großen Dicke des Resists (Lacks) ( $> 1 \mu\text{m}$ ), der rauhen und stark reflektierenden Opferschicht, sofern hierfür Metalle verwendet werden, und der starken Abhängigkeit der Lochgröße und Lochqualität von der Lackdicke, der Dosis bei der Belichtung des Lacks und der Opferschichtoberfläche ist es nicht möglich, Löcher mit Durchmessern von weniger als  $5 \mu\text{m}$  sauber und zuverlässig zu erzeugen. Dies führt zu einer nicht tolerierbaren Einschränkung der Ausbeute. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass hier die Stabilität der Deckelschicht durch viele Löcher im Deckel reduziert wird. Zusätzlich besteht beim Verschließen der so gebildeten Freizätzlöcher, die eine Größe von mehr als  $1 \mu\text{m}$  aufweisen, die Gefahr, dass über diese Freizätzlöcher über dem Hohlraum ein Verschlussmaterial, z. B. SU-8, in den Hohlraum eindringt.

Die EP 0 373 360 B1 beschreibt ein Verfahren zum Erzeugen einer verbesserten Isolation in VLSI- und ULSI-Schaltungen, wobei hier ebenfalls ein Hohlraum zu bilden ist. Auch hier wird der Hohlraum durch eine Opferschicht strukturiert, die durch eine oder mehrere Öffnungen in einer Oberfläche der Anordnung entfernt wird. Somit treten hier die gleichen Probleme auf, wie sie im vorhergehenden beschrieben wurden.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein vereinfachtes und zuverlässiges Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung für Bauelemente zu schaffen, welches auf einfache Art und Weise

die Erzeugung einer Schutzabdeckung ermöglicht, ohne dass eine getrennte Prozessierung weiterer Wafer und/oder Substrate erforderlich ist, welches die Erzeugung einer stabilen Schutzabdeckung ermöglicht und eine Kontamination der Hohlräume unterhalb der Schutzabdeckung vermeidet.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 gelöst.

10 Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung für ein Bauelement, wobei ein Substrat vorgesehen ist, welches das Bauelement umfasst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

15 (a) Erzeugen einer Opferstruktur auf dem Substrat, wobei die Opferstruktur einen ersten Abschnitt, der einen ersten Bereich des Substrats bedeckt, welcher das Bauelement umfasst, und einen zweiten Abschnitt, der sich von dem ersten Abschnitt in einen zweiten Bereich des Substrats erstreckt, welcher kein Bauelement umfasst, aufweist;

20 (b) Abscheiden einer ersten Abdeckungsschicht, die die Opferstruktur derart umschließt, dass der zweite Abschnitt der Opferstruktur zumindest teilweise frei liegt;

25 (c) Entfernen der Opferstruktur; und

30 (d) Verschließen der durch die Entfernung der Opferstruktur gebildeten Struktur.

Erfindungsgemäß wird der oben beschriebene Ansatz, bei dem das Freilegen des Hohlraums durch Entfernen der Opferstruktur über Öffnungen in einer über der Opferstruktur angeordneten Resistschicht durchgeführt wird, verlassen. Erfindungsgemäß wird die Opferstruktur derart strukturiert, dass der zweite Abschnitt gebildet wird, welcher von der nachfolgend abge-

schiedenen Abdeckungsschicht teilweise bedeckt ist, so dass sich hier ein seitlicher Freiätzkanal ergibt. Wird nun das entsprechende Ätzmittel auf die Struktur angewandt, so wird durch den freiliegenden zweiten Abschnitt eine laterale Ätzung der Opferschicht durchgeführt, so dass durch den seitlichen Freiheitskanal schließlich der Hohlraum über dem empfindlichen Substrat erzeugt wird. Da zum einen während der Herstellung eine Strukturierung der Abdeckungsschicht erforderlich ist und zum anderen das Ätzen der Opferstruktur erforderlich ist, müssen die für diese zwei Strukturen verwendeten Materialien jeweils bezüglich der Ätzmaterialien, die zum Ätzen der anderen Schicht verwendet werden, unempfindlich sein. Vorzugsweise werden daher für den Opfer-schichtprozess und den Verschlussprozess unterschiedliche Materialien verwendet. Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Ansatzes besteht darin, dass nun zusätzlich eine hohe Endfestigkeit der Abdeckung erreicht wird, die sogar ausreichend groß ist, um sicher und ohne Ausbeuteverluste spritzgusstechnisch vergossen werden zu können.

Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst das Erzeugen der Opferstruktur zunächst das Aufbringen einer Photoresistschicht auf dem Substrat, das Strukturieren derselben, um den ersten Bereich und den zweiten Bereich des Substrats freizulegen, und das abschließende Aufwachsen des Opfermaterials auf den freigelegten Bereichen des Substrats.

Vorzugsweise ist die Abdeckungsschicht durch Aufbringen einer Photoresistschicht auf der sich nach dem ersten Herstellungsschritt ergebenden Struktur gebildet, wobei die Photoresistschicht zunächst so aufgebracht wird, dass die Opferschicht vollständig umschlossen wird. Anschließend wird die so aufgebrachte Photoresistschicht strukturiert, um vorzugsweise ein dem ersten Abschnitt der Opferstruktur abgewandtes Ende des zweiten Abschnitts der Opferstruktur freizulegen.

Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt das Verschließen der gebildeten Struktur durch Aufbringen einer zweiten Abdeckungsschicht, und das Strukturieren der zweiten Abdeckungsschicht derart, dass die zweite Abdeckungsschicht die erste Abdeckungsschicht bedeckt und den durch die Entfernung der Opferstruktur gebildeten Hohlraum verschließt, wobei die erste und die zweite Abdeckungsschicht aus dem gleichen Material bestehen können.

10 Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann vorgesehen sein, zumindest eine Öffnung in der ersten Abdeckungsschicht zu bilden, um einen Abschnitt der Opferstruktur freizulegen, wobei nach dem Entfernen der Opferstruktur diese Öffnung wieder verschlossen wird.

15

Die Opferstruktur kann aus einem Photolack, einem Metall oder einem Oxid hergestellt sein.

20 Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung umfasst das Bauelement eine in dem Substrat gebildete mikromechanische Struktur mit beweglichen Teilen. Bei der Herstellung solcher beweglicher Teile in einem Substrat werden ebenfalls Opferstrukturen eingesetzt, die Herkömmlicherweise nach der Fertigstellung der Strukturen entfernt wurden. Erfindungsgemäß wird nun von einem Bauelement ausgegangen, dessen in dem Substrat gebildete mikromechanische Strukturen bzw. die zugeordneten beweglichen Teile noch durch die weitere Opferstruktur festgelegt sind. In diesem Fall wird die Opferstruktur derart auf die Substratoberfläche aufgebracht, dass diese mit der weiteren Opferstruktur in Verbindung steht bzw. an dieselbe angrenzt. Die Opferstruktur und die weitere Opferstruktur werden dann gemeinsam in einem Schritt oder aufeinanderfolgend in mehreren Schritten entfernt, um so zum einen den Hohlraum zu bilden und zum anderen die beweglichen Teile der mikromechanischen Struktur freizulegen.



Der Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass hier sowohl die Opferschicht der mikromechanischen Struktur als auch die Opferschicht zur Erzeugung des Hohlraums unter dem Deckel direkt nacheinander oder sogar in einem Schritt ausgeführt werden können. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nun während des Bondprozesses zum Verbinden der Wafer die mikroelektromechanischen Strukturen noch fest liegen, so dass hier die Ausbeute zusätzliche erhöht wird.

10 Gemäß einem weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt die Herstellung der Schutzabdeckung auf Waferebene, wobei hier in einem Wafer eine Mehrzahl von Bauelementen, gleiche oder unterschiedliche Bauelemente, gebildet sind, wobei die im vorhergehenden beschriebenen Schritte für alle Bauelemente  
15 auf dem Wafer durchgeführt werden. Anschließend kann der Wafer in Einzelelemente zerteilt werden, wobei vorab durch die erste Abdeckungsschicht oder die zweite Abdeckungsschicht Kontaktflächen und Trennlinien auf dem Wafer festgelegt werden.

20

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

25

Fig. 1 bis 5 die Schritte zur erfindungsgemäßen Herstellung einer Schutzabdeckung, wobei die Figurenteile A eine Draufsichtdarstellung eines Substrats mit dem Bauelement sind und wobei die Figurenteile B eine Schnittdarstellung entlang der in dem Figurenteil A gezeigten Linie sind;

30

Fig. 6A bis D ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens; und

Fig. 7A bis D ein zweites bevorzugtes Ausführungsbeispiel  
35 des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens.

In der nachfolgenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden für die in den verschiedenen Zeichnungen dargestellten und ähnlich wirkenden Elemente gleiche Bezugszeichen verwendet.

5

Anhand der Fig. 1 - 5 wird nachfolgend das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren für eine Schutzabdeckung näher erläutert. In Fig. 1 ist ein Substrat 100 gezeigt, welches eine erste Oberfläche 102 umfasst, wobei das Substrat 100 einen ersten Bereich 104 umfasst, in dem ein Bauelement gebildet ist, und einen zweiten Bereich 106, in dem kein Bauelement gebildet ist. Bei den im Bereich 104 gebildeten Bauelementen handelt es sich um Bauelemente, die zumindest Bereiche umfassen, deren Funktion durch ein Gehäuse beeinträchtigt würde, also deren Funktion einen Freiraum oberhalb der betreffenden Bereiche erfordert. Diesbezüglich sei darauf hingewiesen, dass in den Figuren abstrakt der Bereich 104 als der Bauelementbereich angegeben ist, wobei jedoch hier tatsächlich derjenige Bereich eines in dem Substrat 100 gebildeten Bauelements gemeint ist, dessen Funktionalität einen Freiraum bzw. Hohlraum erfordert. Bei den betroffenen Elementen kann es sich um BAW-Filter, SAW-Filter, Resonatoren, Sensoren oder Aktoren handeln. Ebenso können oberflächenmikromechanische Sensoren gebildet werden, deren Funktion durch das Gehäuse beeinträchtigt würde, wie z. B. Beschleunigungssensoren, Drehratensensoren und ähnliches.

25

Fig. 1 zeigt das Substrat, nachdem die erforderlichen Prozessschritte zur Herstellung eines Bauelements in dem Substrat 100 abgeschlossen wurden und die so erzeugte Struktur mit einer Schutzabdeckung zu versehen ist.

30

Erfindungsgemäß wird, wie in Fig. 2 dargestellt ist, zunächst eine strukturierte Opferschicht 108 auf die Oberfläche 102 des Substrats 100 aufgebracht, wobei die Opferschicht 108 derart strukturiert ist, dass diese einen ersten Abschnitt 110 und einen zweiten Abschnitt 112 umfasst. Durch die Opfer-

35

schicht 108 und insbesondere durch den ersten Abschnitt 110 derselben wird ein später zu bildender Hohlraum oberhalb des Bereichs 104 im Substrat 100 festgelegt, wobei der Abschnitt 112 der Opferschicht dazu dient, einen Freiätzkanal festzulegen, wie dies später noch erläutert wird. Wie aus Fig. 2 zu erkennen ist, ist der erste Abschnitt 110 der Opferschicht 108 derart gebildet, dass dieser zumindest den Bereich 104 im Substrat, oberhalb dessen ein Hohlraum zu bilden ist, überdeckt, wobei sich der Abschnitt 110 der Opferschicht 108 vorzugsweise etwas über diesen Bereich hinaus erstreckt. Der zweite Abschnitt 112 der Opferschicht 108 erstreckt sich ausgehend von dem ersten Abschnitt 110 in den Bereich 106 des Substrats.

Auf die so erzeugte Struktur wird nachfolgend eine Abdeckungsschicht 114 aufgebracht, wie dies in Fig. 3 gezeigt ist. Wie aus Fig. 3B zu erkennen ist, wurde die Abdeckungsschicht 114 auf die Oberfläche 102 und auf die Opferschicht 108 aufgebracht und derart strukturiert, dass der erste Abschnitt 110 der Opferschicht 108 vollständig von der Abdeckungsschicht 114 bedeckt ist. Ferner wurde die Abdeckungsschicht 114 strukturiert, um zumindest einen Abschnitt des zweiten Abschnitts 112 der Opferschicht 108 freizulegen, so dass an dieser Stelle ein für eine Entfernung der Opferschicht 108 erforderliches Medium die Opferschicht angreifen kann.

Nachdem die Schicht 114 abgeschieden wurde, wird nachfolgend die Opferschicht 108 durch geeignete Medien entfernt, so dass sich die in Fig. 4 gezeigte Struktur einstellt, in der die Opferschicht 108 vollständig entfernt wurde, so dass oberhalb des Bereichs 104 ein Hohlraum 116 existiert, der in diesem Verfahrensschritt über einen Freiätzkanal 118 noch mit der Umgebung in Verbindung ist. Genauer gesagt wurde der Hohlraum 116 durch Entfernen des ersten Abschnitts 110 der Opferschicht 108 definiert und der Freiätzkanal 118 wurde durch

Entfernen des zweiten Abschnitts 112 der Opferschicht 108 definiert.

5 Abschließend wird der Hohlraum verschlossen, indem, wie in Fig. 5 gezeigt ist, eine weitere Abdeckungsschicht 120 auf die Struktur, wie sie sich in Fig. 4 ergibt, abgeschieden wird. Die Abdeckungsschicht 120 ist auf die Oberfläche 102 und die dort gebildeten Strukturen abgeschieden und strukturiert, um den Hohlraum 116 und den Freiätzkanal 118, wobei  
10 vorzugsweise die Abdeckungsschicht 120 so strukturiert ist, um die erste Abdeckungsschicht 114 vollständig zu umschließen.

15 Die sich nach dem Verfahrensschritt gemäß Fig. 5 ergebende Struktur kann dann einer Spritzgussgehäusung unterzogen werden, wobei hier dann sichergestellt ist, dass eine Funktionalität des Bauelements nicht beeinträchtigt ist.

20 In Fig. 6 ist ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens dargestellt, wobei hier für gleiche Elemente gleiche Bezugszeichen versehen sind. Wie aus Fig. 6A zu erkennen ist, wird dort die Opferschicht strukturiert, um vier zweite Abschnitte 112 zu schaffen, um so während des Ätzens der Opferstruktur ein schnelleres und gleichmäßigeres Entfernen derselben zu ermöglichen. Fig. 6D zeigt eine Querschnittsdarstellung der Darstellung aus Fig. 6A und die zur Erlangung der Strukturen gemäß Fig. 6B und 6C erforderlichen Schritte wurden anhand der Fig. 1 -  
25 5 bereits erläutert.

30 Erfindungsgemäß werden, beispielsweise durch das anhand der Fig. 6 beschriebene Ausführungsbeispiel, die oben beschriebenen Probleme, wie sie bei herkömmlichen Ansätzen auftreten, dadurch vermieden, dass vorzugsweise eine Seed-Schicht auf  
35 das Substrat/den Wafer aufgebracht wird. Anschließend wird ein photostrukturierbarer Resist aufgebracht, welcher mit Hilfe einer Photomaske strukturiert wird. Dabei wird über den

Bereichen, die später durch ein Wafer-Level-Packaging geschützt werden sollen, der Photolack entfernt. Der Photolack dient hier als Maske, um z. B. Kupfer durch Elektroplattierung als Opferschicht 108 lokal aufwachsen zu lassen. Die

5 Opferschicht 108 wird dabei so strukturiert, dass durch dieselbe seitliche Kanäle 112 unter dem nachfolgend aufzubringenden weiteren Photoresist 114 erzeugt werden, die dann laterale Zugänge 118 zum künftigen Hohlraum 116 darstellen. Anschließend wird die Seed-Schicht zwischen den Opferschicht-

10 blöcken auf dem Wafer abgeätzt, also diejenigen Abschnitte des Wafers, auf denen keine Opferschicht aufgewachsen wurde, werden von der Seed-Schicht befreit. Die Opferschicht 108, z. B. Kupfer, wird dann mit der Lackschicht 114 überzogen, so dass die Opferschicht 108 vollständig damit bedeckt ist.

15 Hierbei ist darauf zu achten, dass der Photolack gegen die Ätzlösung für die Opferschicht resistent ist, sich nicht chemisch verändert und auch als dickere Schicht mit großer Endfestigkeit und Härte aufgebracht werden kann, wobei hier z. B. der Photolack SU-8 der Firma MicroChem, USA verwendet

20 werden kann. Dieser Photolack 114 wird nun strukturiert und dabei werden an den Seiten der Opferstruktur 108 die die Ätzkanäle bildenden Enden der Opferschichtstreifen 112 freigelassen, so dass durch diese Kanäle hindurch die Opferschicht aufgelöst werden kann. Der Vorteil dieses Vorgehens-

25 weise besteht darin, dass die Dimension der seitlichen Freiätzlöcher - anders als bei den oben im Stand der Technik beschriebenen photolithographisch strukturierten Freiätzlöchern - unabhängig ist von der Lackdicke, der Belichtungsdose und der lateralen Größen.

30

Die sich nach dem Freiätzen ergebende Struktur aus dickem Schutzlack wird dann getrocknet. Sind die entstandenen Räume empfindlich und neigen beim Trocknen zum Ankleben (Sticking), so kann auch ein Trockenverfahren in einem Überkritischen-

35 Punkt-Trockner (SCPD) gewählt werden.

Die so erzeugten Schutzstrukturen werden dann mit einer weiteren Photolackschicht 120 verschlossen, die ebenfalls SU-8 sein kann. Diese zweite Photolackschicht sollte ebenso als dicke Schicht aufgetragen werden können,  $> 20 \mu\text{m}$ , und mit großer Härte und Endfestigkeit am Ende des Prozesses vorliegen. Die so gebildete Verschlussschicht 120 kann am Schluss noch strukturiert werden, um Kontaktpads und Sägelinien freizulegen, entlang derer dann die auf dem Wafer gebildeten Elemente vereinzelt werden.

Anhand der Fig. 7 wird nachfolgend ein weiteres bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Herstellungsverfahrens für eine Schutzabdeckung näher erläutert. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist in dem Substrat beispielsweise ein Bauelement mit mikromechanischen Strukturen gebildet, wobei die mikromechanischen Strukturen zumindest teilweise bewegbar sind. Fig. 7A zeigt eine Draufsichtdarstellung eines solchen Bauelements, das in dem Substrat 100 gebildet ist. Bei dem Bauelement handelt es sich um einen Sensor mit einer Vielzahl von festen Elektroden 122 und mit einer Vielzahl von beweglichen Elektroden 124. Die beweglichen Elektroden 124 sind an einem gemeinsamen Abschnitt 128 befestigt, dessen Endabschnitte 128a und 128b als Federn und Anker für die bewegliche Struktur dienen. In Fig. 7A ist schraffiert eine weitere Opferschicht 130 gezeigt, die zur Herstellung der beweglichen Strukturen herangezogen wird und vor Fertigstellung des Sensors entfernt wird, um so die in Fig. 7A noch festliegenden beweglichen Strukturen freizulegen.

Fig. 7B ist eine Querschnittsdarstellung und zeigt den Sensor vor dem Aufbringen der Opferschicht zur Hohlraumherzeugung unter einem Deckel. In Fig. 7B ist eine Schnittdarstellung gezeigt, bei der zwei Sensorstrukturen, wie sie in Fig. 7A in Draufsicht gezeigt sind, nebeneinanderliegend angeordnet sind. Wie in Fig. 7B zu erkennen ist, sind dort die die festen Elektroden 122 tragenden Strukturen auf der Oberfläche 102 des Substrats 100 gebildet. Ferner sind die beweglichen

Strukturen 128 gebildet, wobei diese von der Opferschicht 130 umgeben sind. Wie zu erkennen ist, umgibt die Opferschicht 130 die beweglichen Teile 128 vollständig und die äußeren Sensorverankerungen, welche auch die Elektroden 122 tragen, teilweise. Die übrigen Bereiche des Sensors sind durch eine weitere Schicht 132 gebildet, die aus dem gleichen Material wie die Opferschicht 130 bestehen kann.

Auf die in Fig. 7B dargestellte Struktur wird, wie in Fig. 7C gezeigt ist, erfindungsgemäß die Opferstruktur 108 aufgebracht, die, wie gezeigt ist, im Bereich des ersten Abschnitts 110 mit der weiteren Opferstruktur 130 des Bauelements in Kontakt ist. Mit dem zweiten Abschnitt 112 erstreckt sich die Opferschicht 108 aus diesem Bereich 110 heraus, um so später den Freiätzkanal zu definieren. Auf die so erzeugte Struktur 108 wird die Abdeckungsschicht 114 aufgebracht, wobei hier vorgesehen sein kann, zusätzliche Öffnungen 134 in der Abdeckungsschicht 114 vorzusehen, um weitere Abschnitte des ersten Abschnitts 110 der Opferschicht 108 freizulegen.

Hinsichtlich des in Fig. 7 beschriebenen Ausführungsbeispiels wird darauf hingewiesen, dass hier die weiteren Öffnungen 134, welche beispielsweise durch geeignete Lithographieschritte in die Schicht 114 eingebracht werden, nicht zwingend sind, sondern auch lediglich mit dem Freiätzkanal gearbeitet werden kann. Alternativ kann bei dem in Fig. 7 gezeigten Ausführungsbeispiel auch auf den Freiätzkanal 112 verzichtet werden, so dass hier nur über die Öffnungen 134 die Opferschicht 108 sowie die Opferschicht 130 entfernt werden können.

Anschließend erfolgt durch geeignete Mittel eine Entfernung der Opferschicht 108 sowie der Opferschicht 130, wodurch, wie in Fig. 7D gezeigt ist, der Hohlraum 116 sowie der Freiätzkanal 118 geschaffen werden, und ferner die beweglichen Teile 128 der Sensorstruktur durch Entfernen der weiteren Opferschicht 130 freigelegt werden. Zusätzlich wird dann die

weitere Abdeckungsschicht 120 aufgebracht, um die Abdeckungs-  
schicht 114 zu bedecken und gleichzeitig die Öffnungen sowie  
den Freiheitskanal 118 gegenüber der Umgebung zu verschlie-  
ßen. Anschließend kann ein Spritzgussgehäuse für das in Fig.  
5 7D gezeigte Element gebildet werden. Wird das Element auf  
Waferebene gefertigt, so befinden sich eine Vielzahl von  
Elementen auf dem Wafer, und durch die zweite Abdeckungs-  
schicht 120 werden dann vorzugsweise Kontaktflächen und  
Trennlinien, entlang derer die Einzelelemente vereinzelt  
10 werden können, definiert.

Gemäß dem in Fig. 7 beschriebenen Ausführungsbeispiel werden  
die oben beschriebenen Probleme hinsichtlich der Fertigung  
von mikromechanischen Strukturen, die noch nicht freigelegt  
15 und damit unbeweglich sind, dadurch gelöst, dass die Opfer-  
schicht 108 aufgebracht und strukturiert oder strukturiert  
aufgebracht wird. Anschließend wird über der Opferschicht 108  
der Photolack 114 aufgetragen, wobei hierauf zu achten ist,  
dass der Photolack gegen die Ätzlösung für die Opferschicht  
20 resistent ist, sich nicht chemisch verändert und auch als  
dickere Schicht mit großer Endfestigkeit und Härte aufge-  
bracht werden kann. Auch hier bietet sich das Material SU-8  
an. Der Photolack 114 wird dann strukturiert, so dass sich an  
den Seiten des herzustellenden Deckels die Freiätzlöcher 118  
25 ergeben, so dass auf die Opferschicht durch ein geeignetes  
Ätzmedium zugegriffen werden kann.

Hierbei ergeben sich die folgenden Möglichkeiten des Vorge-  
hens:

30

(a) Die Opferschicht 108 auf der Struktur ist mit anderen  
Ätz- oder Lösemitteln zu entfernen als die Opferschicht  
130, in der die mikromechanische Struktur noch eingebet-  
tet ist.

35

(b) Die Opferschicht 108 auf der Struktur ist mit demselben  
Ätz- oder Lösemittel zu entfernen wie die Opferschicht



130, in der die mikromechanische Struktur noch eingebettet ist.

Im Fall (a) wird die unter dem dicken Photolack 114 liegende  
5 Opferschicht 108 durch das geeignete Ätz- oder Lösemittel entfernt. Anschließend wird mit dem geeigneten Lösemittel für die Opferschicht 130, in der die mikromechanische Struktur noch eingebettet ist, die mikromechanische Struktur freigelegt. Die Strukturen aus dickem Schutzlack, z. B. SU-8,  
10 werden dann getrocknet. Sind der Deckel und die mikromechanische Struktur empfindlich und neigen beim Trocknen zum Ankleben (Sticking), so kann auch hier ein Trockenverfahren in einem Überkritischen-Punkt-Trockner (SCPD) gewählt werden. Es sind jedoch grundsätzlich auch andere Antisticking-Verfahren,  
15 wie z. B. die Erzeugung einer Monolage eines hydrophoben Moleküls möglich.

Die nun vorhandenen Schutzstrukturen aus stabilen Photoresist 114 werden mit einer weiteren Photolackschicht 120 überzogen  
20 und so verschlossen. Diese zweite Photolackschicht 114 kann ebenfalls SU-8 sein. Sie sollte ebenso als dicke Schicht aufgetragen werden können ( $> 2 \mu\text{m}$ ) und mit großer Härte und Endfestigkeit am Ende des Prozesses vorliegen. Die Verschlusschicht 120 wird zum Schluss strukturiert, um Kontaktpads und Sägelinien freizulegen.  
25

Im Fall (b) ist ein Wechsel zu einem zweiten Ätz- oder Lösemedium nun unnötig. Durch Verlängerung der Prozesszeit wird auch die Opferschicht 130 der mikromechanischen Struktur  
30 aufgelöst und anschließend wird wie oben beschrieben im Fall (a) fortgefahren.

Wird im Fall (a) die Opferschicht 130 der mikromechanischen Struktur, z. B. ein Oxid, mit einem Gas, z. B. HF, oder wie  
35 im Fall (b) beide Opferschichten, z. B. Oxid, mit einem Gas, z. B. HF, geätzt, entfallen die Antisticking-Maßnahmen im weiteren Prozessablauf.

Obwohl oben bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung näher erläutert wurden, ist offensichtlich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf diese Ausführungsbeispiele beschränkt ist. Insbesondere findet die vorliegende Erfindung auch Anwendung auf andere mikromechanische Bauelemente und ferner ist die Anzahl der Freiätzkanäle nicht auf die anhand der Figuren angegebene Anzahl beschränkt.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung für ein Bauelement, wobei ein Substrat (100) vorgesehen ist, welches das Bauelement umfasst, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:

(a) Erzeugen einer Opferstruktur (108) auf dem Substrat (100), wobei die Opferstruktur (108) einen ersten Abschnitt (110), der einen ersten Bereich (104) des Substrats (100) bedeckt, welcher das Bauelement umfasst, und einen zweiten Abschnitt (112), der sich von dem ersten Abschnitt (110) in einen zweiten Bereich (106) des Substrats (100) erstreckt, welcher kein Bauelement umfasst, aufweist;

(b) Abscheiden einer ersten Abdeckungsschicht (114), die die Opferstruktur (108) derart umschließt, dass der zweite Abschnitt (112) der Opferstruktur (108) zumindest teilweise frei liegt;

(c) Entfernen der Opferstruktur (108); und

(d) Verschließen der durch die Entfernung der Opferstruktur (108) gebildeten Struktur.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem der Schritt (a) folgende Schritte umfasst:

(a.1) Aufbringen einer Photoresistschicht auf dem Substrat (100);

(a.2) Strukturieren der Photoresistschicht, um den ersten Bereich (104) vollständig und den zweiten Bereich (106) des Substrats teilweise freizulegen; und

(a.3) Aufwachsen eines Opfermaterials (108) auf den freigelegten Bereichen des Substrats (100).

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, bei dem der Schritt  
5 (b) folgende Schritte umfasst:

(b.1) Abscheiden einer Photoresistschicht (114) auf der  
sich nach dem Schritt (a) ergebenden Struktur, um die  
Opferstruktur (108) vollständig zu umschließen; und

10

(b.2) Strukturieren der Photoresistschicht (114), um ein  
dem ersten Abschnitt (110) der Opferstruktur (108)  
abgewandtes Ende des zweiten Abschnitts (112) der Opferstruktur (108) freizulegen.

15

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der  
Schritt (c) folgenden Schritt umfasst:

Ätzen oder Auflösen der Opferstruktur (108).

20

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem der  
Schritt (d) folgende Schritte umfasst:

(d.1) Aufbringen einer zweiten Abdeckungsschicht (120) auf  
der sich nach dem Schritt (c) ergebenden Struktur;  
und

25

(d.2) Strukturieren der zweiten Abdeckungsschicht (120)  
derart, dass die zweite Abdeckungsschicht (120) die  
im Schritt (b) abgeschiedene erste Abdeckungsschicht  
30 (114) bedeckt und den durch die Entfernung der Opfer-  
schicht (108) gebildeten Hohlraum (116, 118) ver-  
schließt.

30

35 6. Verfahren gemäß Anspruch 5, bei dem die erste Abde-  
ckungsschicht (114) und die zweite Abdeckungsschicht (120)  
aus dem gleichen Material bestehen.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem der Schritt (b) ferner das Bilden zumindest einer Öffnung (134) in der ersten Abdeckungsschicht (114) umfasst, um einen Abschnitt der Opferstruktur (108) freizulegen, und bei dem der Schritt (d) ferner das Verschließen der gebildeten Öffnung (134) umfasst.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Opferstruktur (108) aus einem Material hergestellt ist, das einen Photolack, ein Metall oder ein Oxid umfasst.

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem das Bauelement eine in dem Substrat gebildete mikromechanische Struktur (122, 124, 128) mit zumindest einem beweglichen Teil (124) umfasst, wobei das bewegliche Teil (124) der mikromechanischen Struktur in dem Substrat (100) durch eine weitere Opferstruktur (130) festgelegt ist,

wobei die Opferschicht (108), die im Schritt (a) erzeugt wird, zumindest teilweise an die weitere Opferschicht (130) angrenzt, und

wobei im Schritt (c) die Opferstruktur (108) und die weitere Opferschicht (130) gemeinsam in einem Schritt oder aufeinanderfolgend in mehreren Schritten entfernt werden, um den Hohlraum (116, 118) zu bilden und um das bewegliche Teil (124) der mikromechanischen Struktur freizulegen.

10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem das Bauelement ein SAW-Filter, ein BAW-Filter, ein Resonator, ein Sensor oder ein Aktor ist.

11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem das Substrat (100) ein Wafer, der eine Mehrzahl gleicher oder unterschiedlicher Bauelemente umfasst,

wobei im Schritt (a) für jedes der Bauelemente eine Opferstruktur (108) erzeugt wird, indem eine Opferschicht auf dem Wafer aufgebracht und strukturiert wird,

- 5 wobei im Schritt (b) die erste Abdeckungsschicht auf den Wafer aufgebracht und strukturiert wird,

wobei im Schritt (c) alle Opferstrukturen (108) entfernt werden, und

10

wobei im Schritt (d) die Hohlräume (116, 118) verschlossen werden.

12. Verfahren gemäß Anspruch 11, bei dem der Wafer abschließend in einzelne Elemente zerteilt wird.
- 15

13. Verfahren gemäß Anspruch 11 oder 12, bei dem das Strukturieren der ersten Abdeckungsschicht (114) die Festlegung von Trennlinien auf dem Wafer umfasst.

20

14. Verfahren gemäß Anspruch 11 oder 12, bei dem der Schritt (d) das Aufbringen der zweiten Abdeckungsschicht (114) und das Strukturieren derselben umfasst, um Anschlussflächen und Trennlinien auf dem Wafer festzulegen.

25

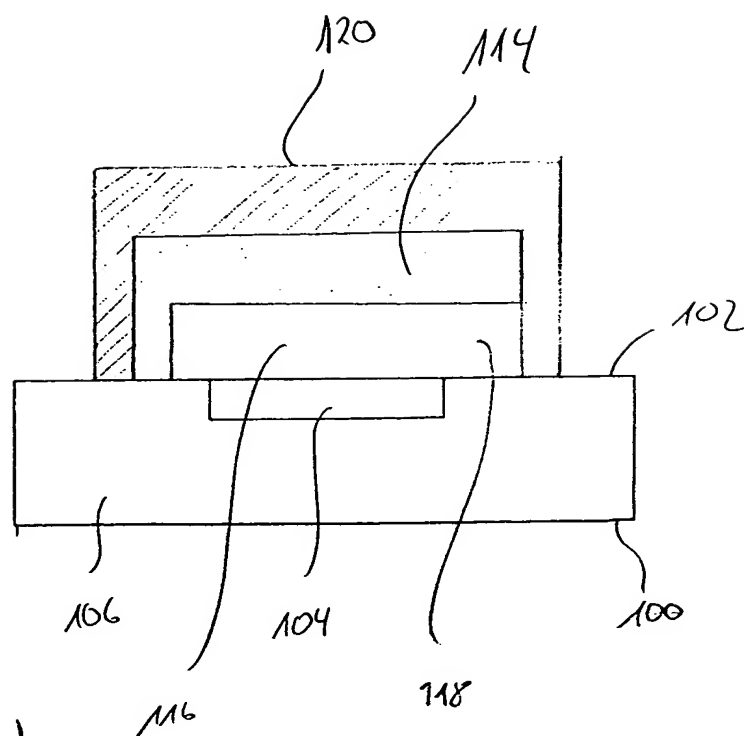
## Zusammenfassung

Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung für ein Bauelement

5

Bei einem Verfahren zum Erzeugen einer Schutzabdeckung für ein Bauelement, welches in einem Substrat (100) gebildet ist, wird zunächst eine Opferstruktur (108) auf dem Substrat (100) erzeugt, wobei die Opferstruktur (108) einen ersten Abschnitt (110), der einen ersten Bereich (104) des Substrats (100) bedeckt, welcher das Bauelement umfasst, und einen zweiten Abschnitt (112), der sich von dem ersten Abschnitt (110) in einen zweiten Bereich (106) des Substrats (100) erstreckt, welcher kein Bauelement umfasst, aufweist. Anschließend wird eine erste Abdeckungsschicht (114) abgeschieden, die die Opferstruktur (108) derart umschließt, dass der zweite Abschnitt (112) der Opferstruktur (108) zumindest teilweise frei liegt. Dann wird die Opferstruktur (108) entfernt und die durch die Entfernung der Opferstruktur (108) gebildete Struktur wird verschlossen.

Figur 5B



3)

FIG. 5

FIGUR ZUR ZUSAMMENFASSUNG



## Bezugszeichenliste

100	Substrat
102	Oberfläche des Substrats
104	erster Bereich des Substrats
106	zweiter Bereich des Substrats
108	Opferstruktur
110	erster Abschnitt der Opferstruktur
112	zweiter Abschnitt der Opferstruktur
114	erste Abdeckungsschicht
116	Hohlraum
118	Freiätzkanal
120	zweite Abdeckungsschicht
122	feste Elektroden
124	bewegliche Elektroden
128	Anker
130	weitere Opferstruktur
132	weitere Schicht
134	Öffnung in erster Abdeckungsschicht

Fig. 1

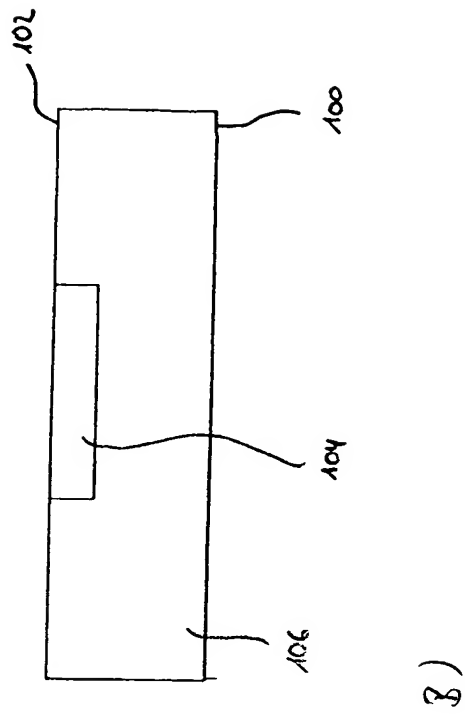
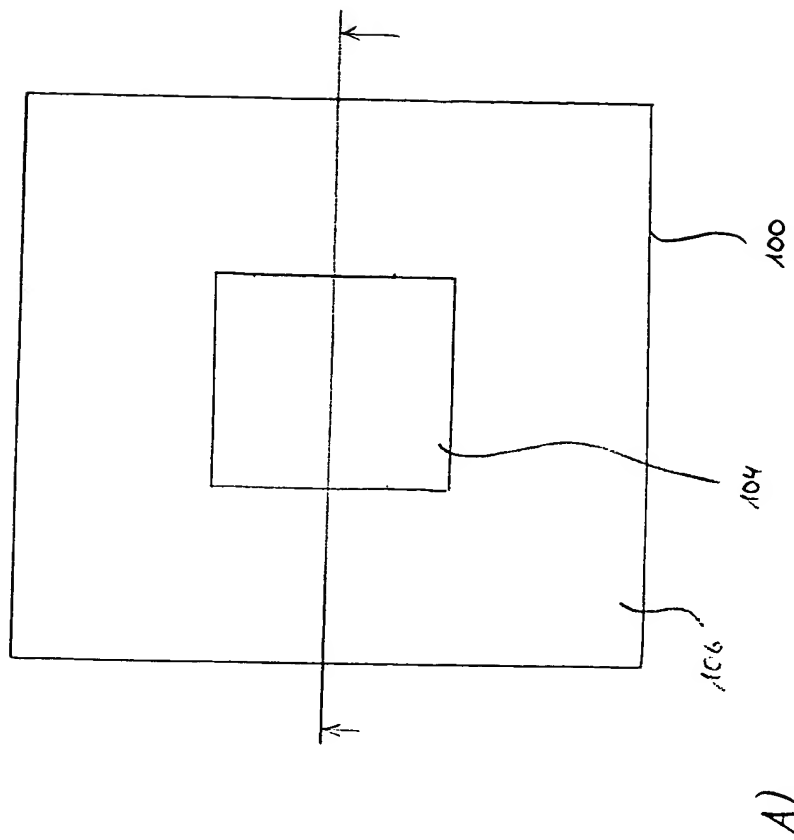
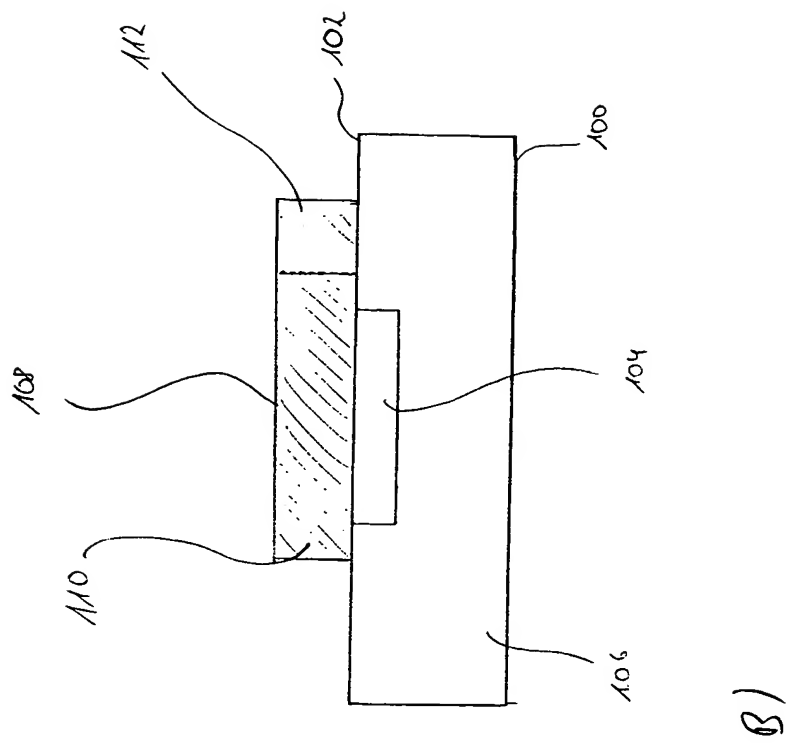
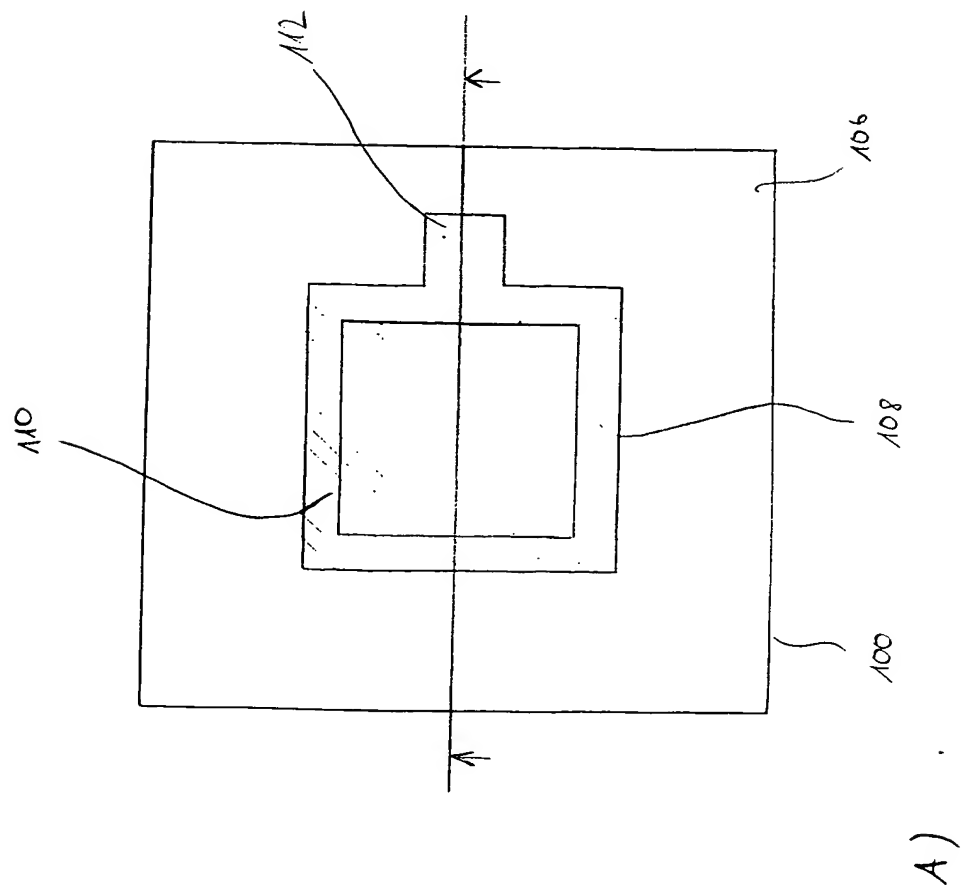


Fig. 2



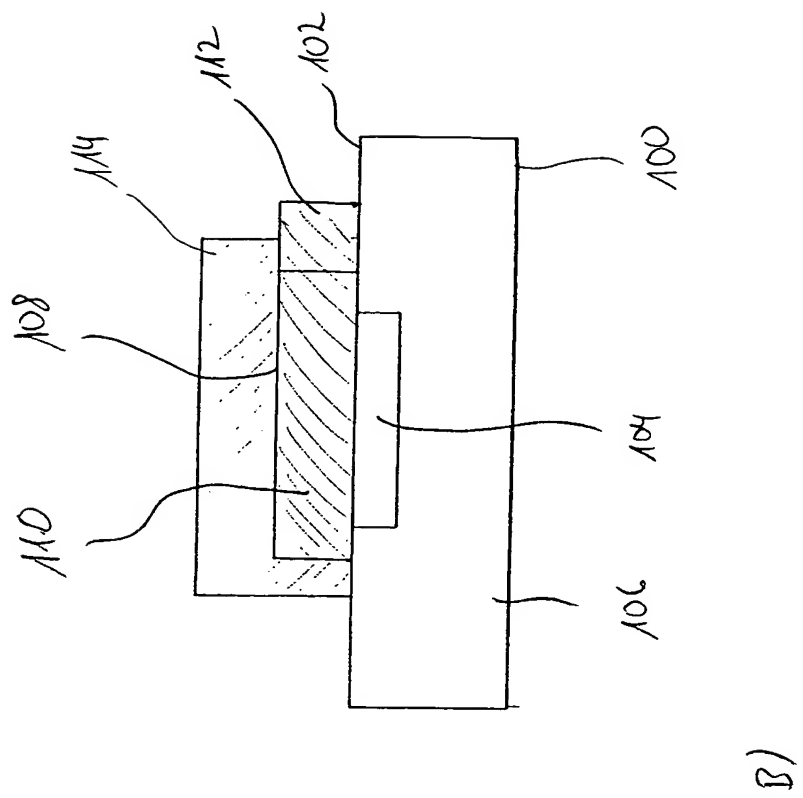
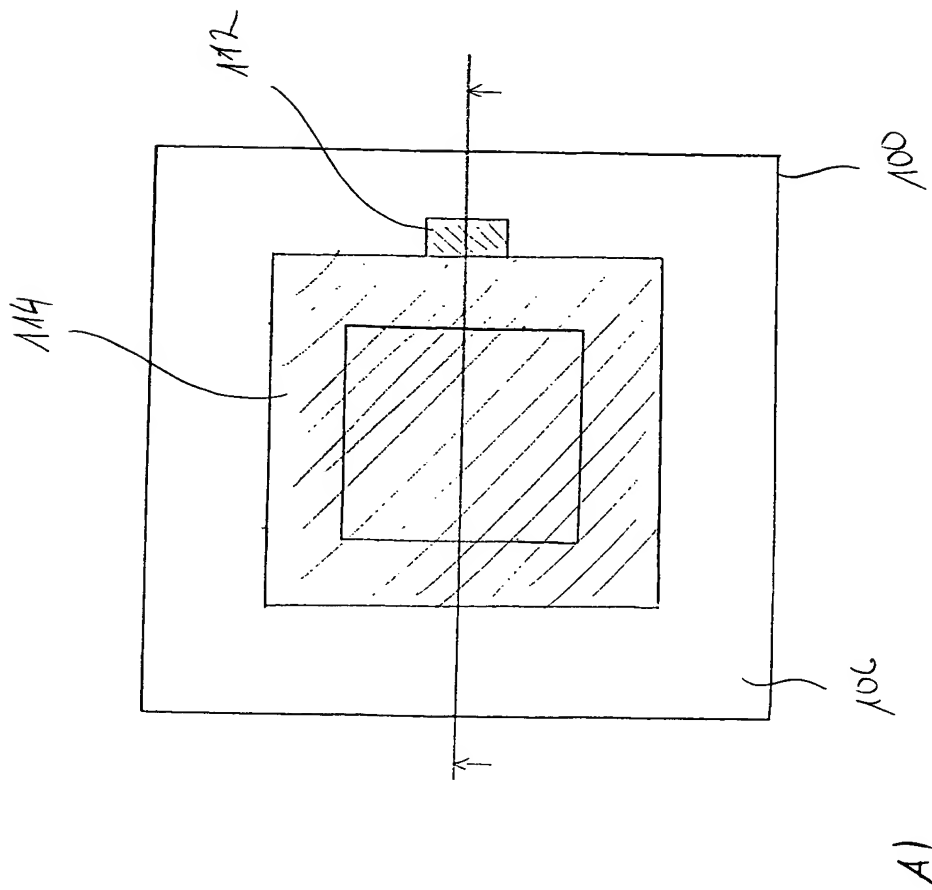
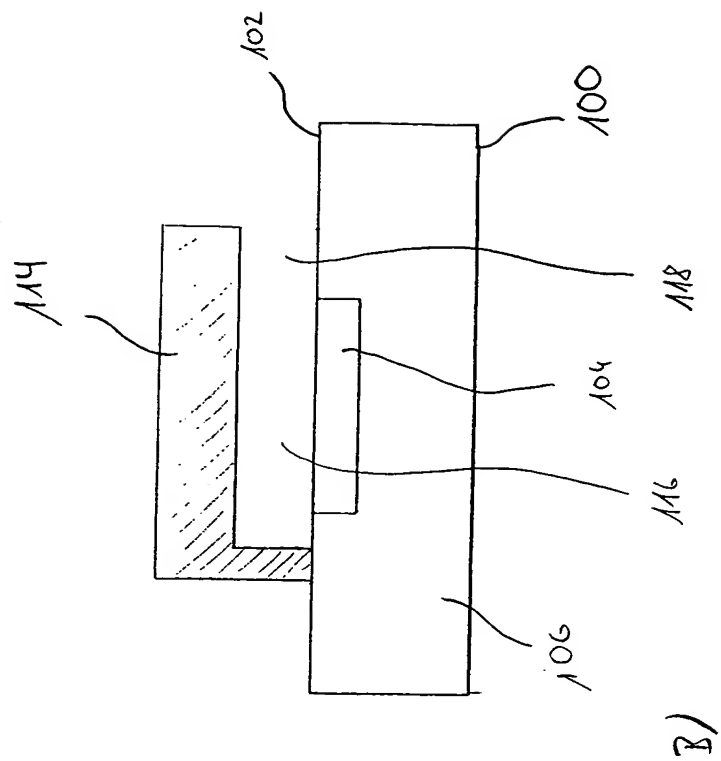
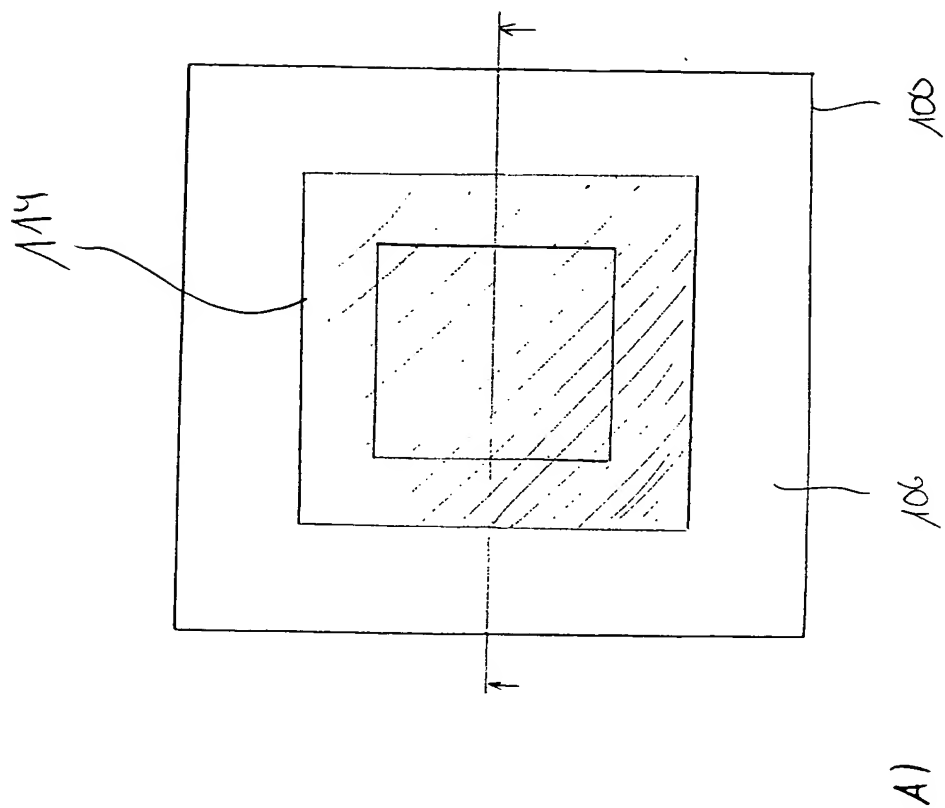


Fig. 3

Fig. 4



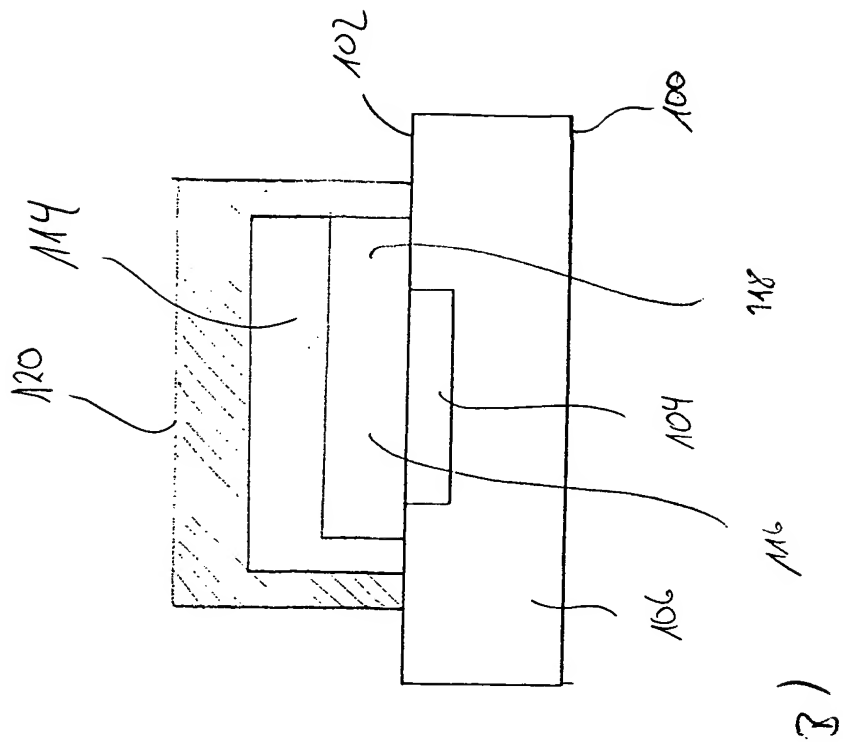
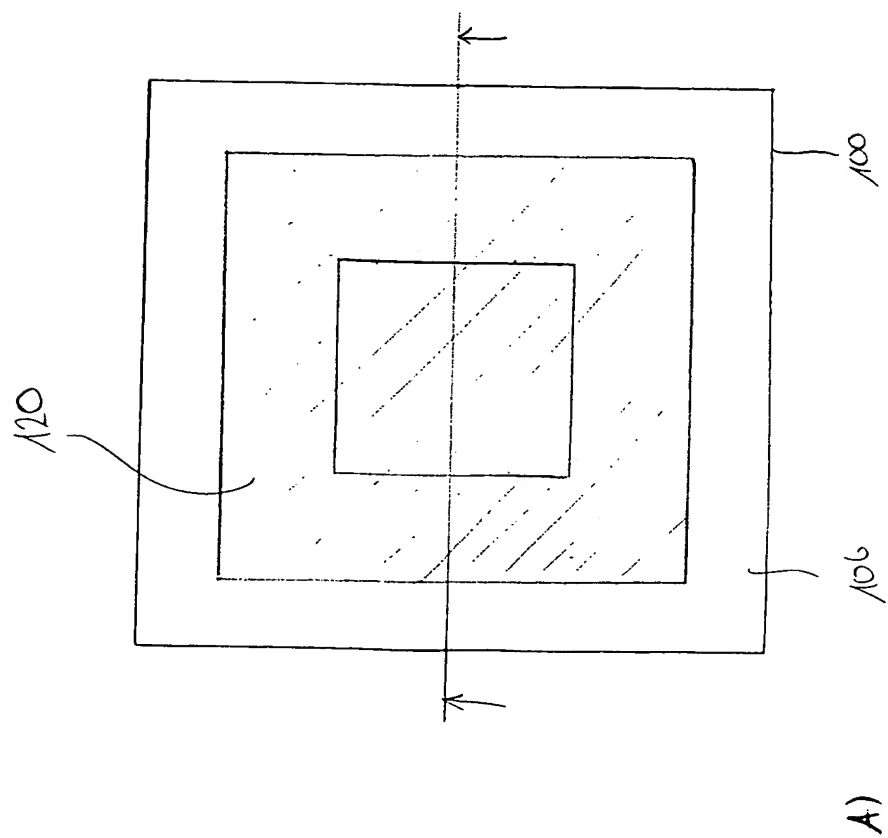
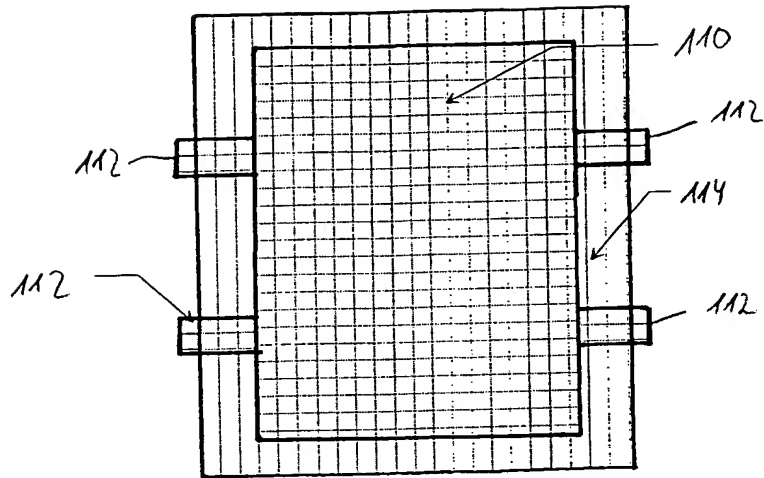
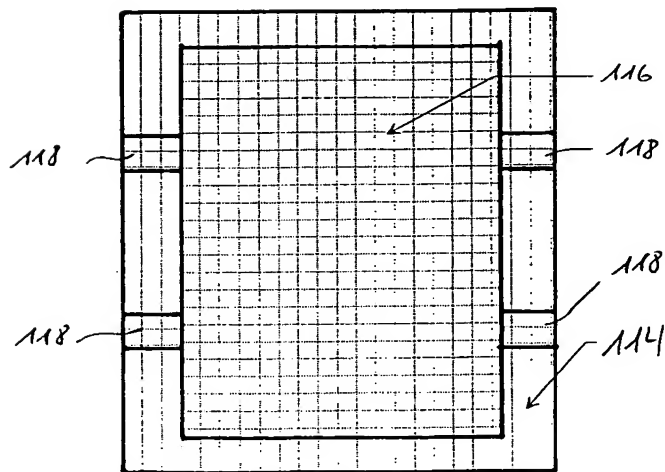


Fig. 5

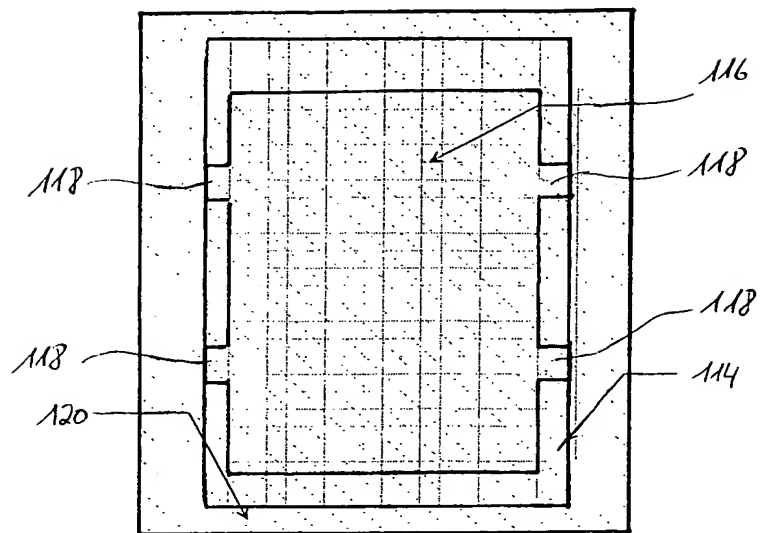


A)

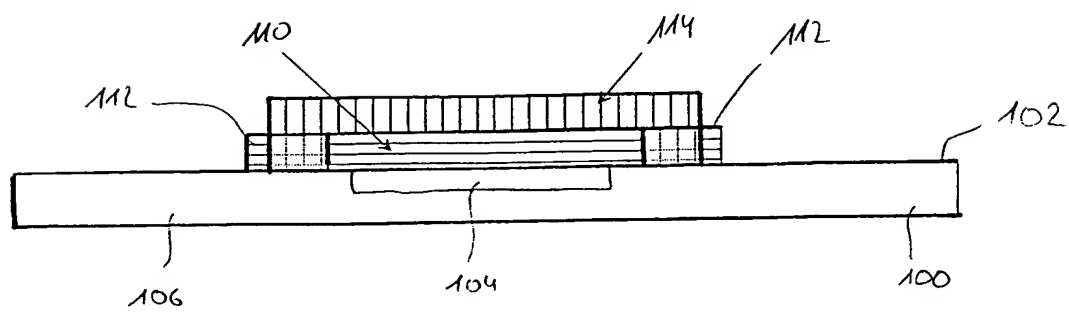


B)

Fig. 6



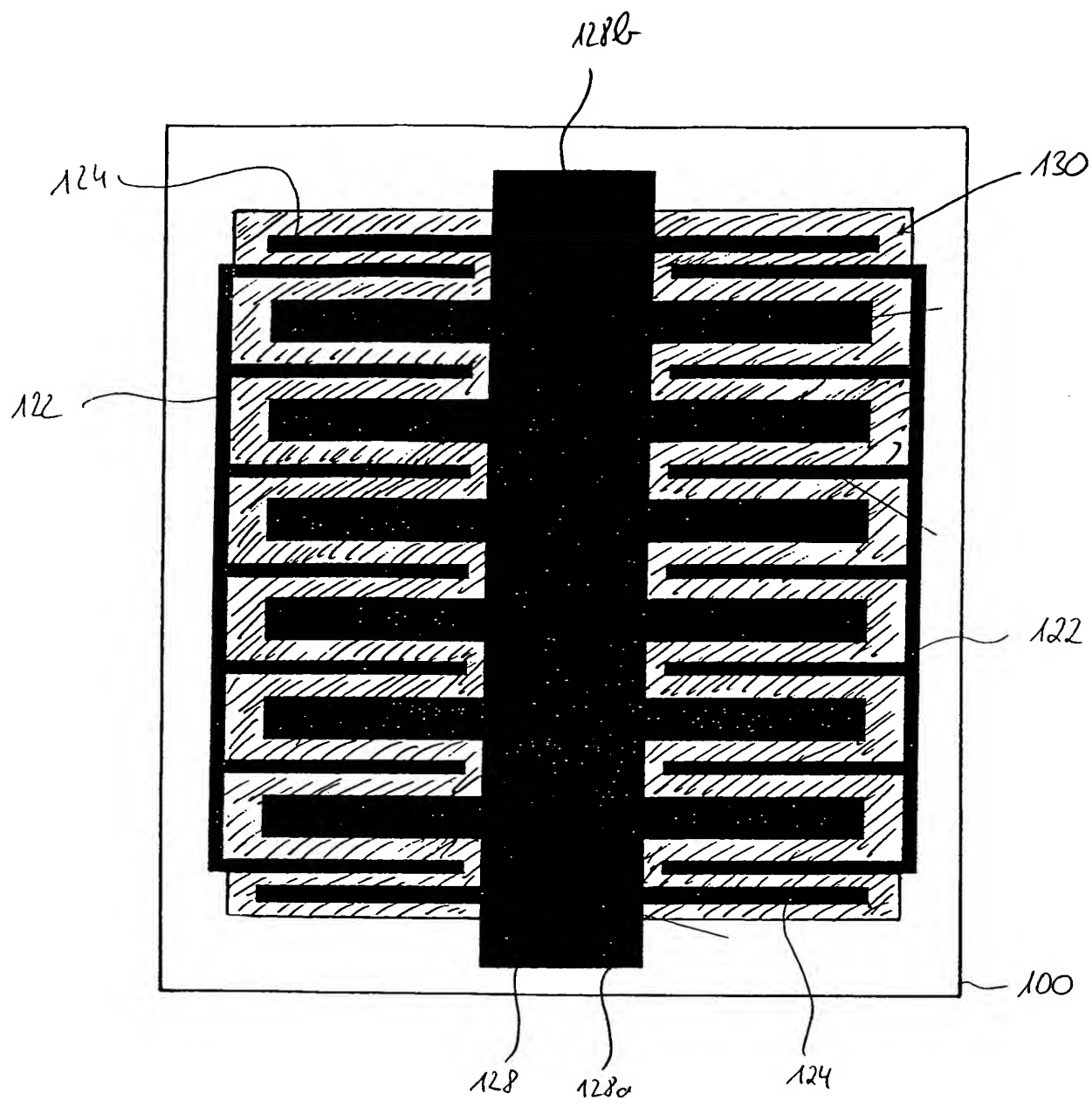
c)



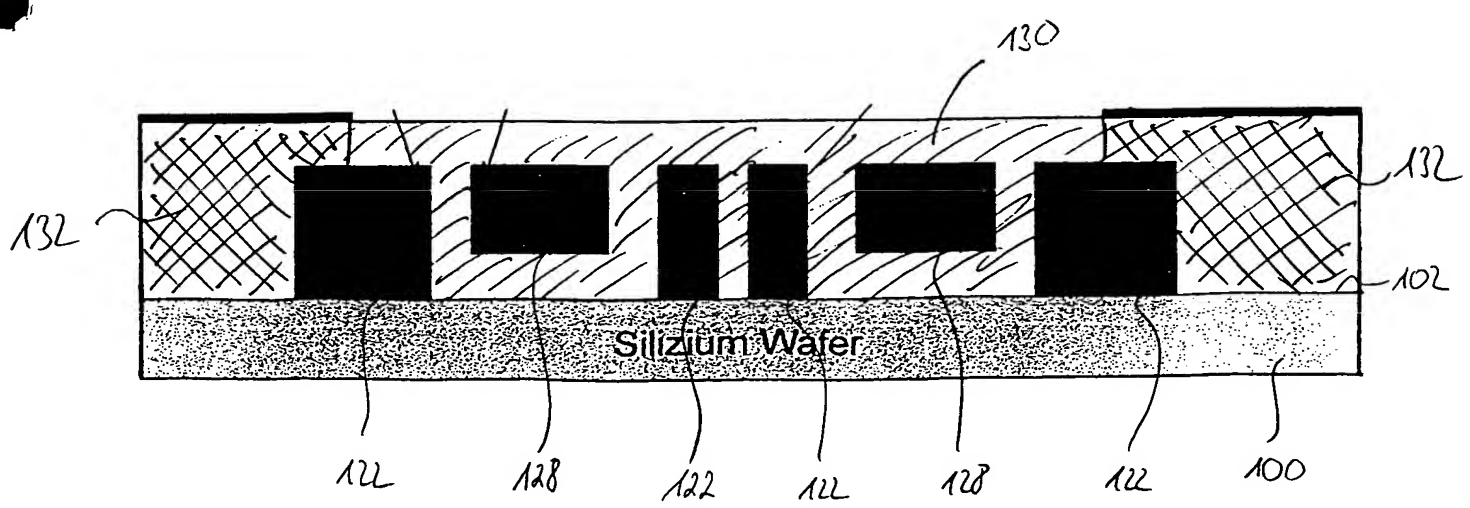
d)

Fig. 6





A)



B)

Fig. 7

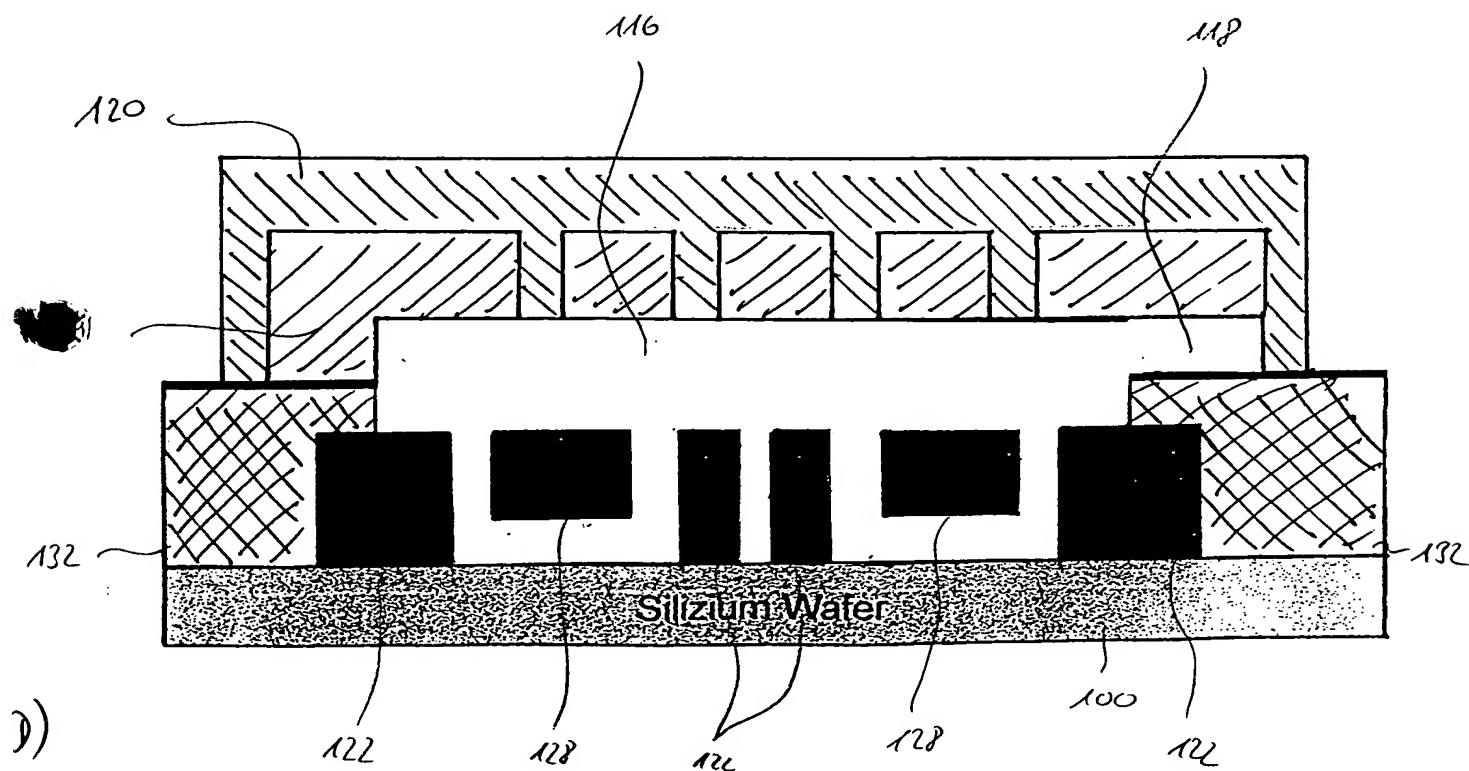
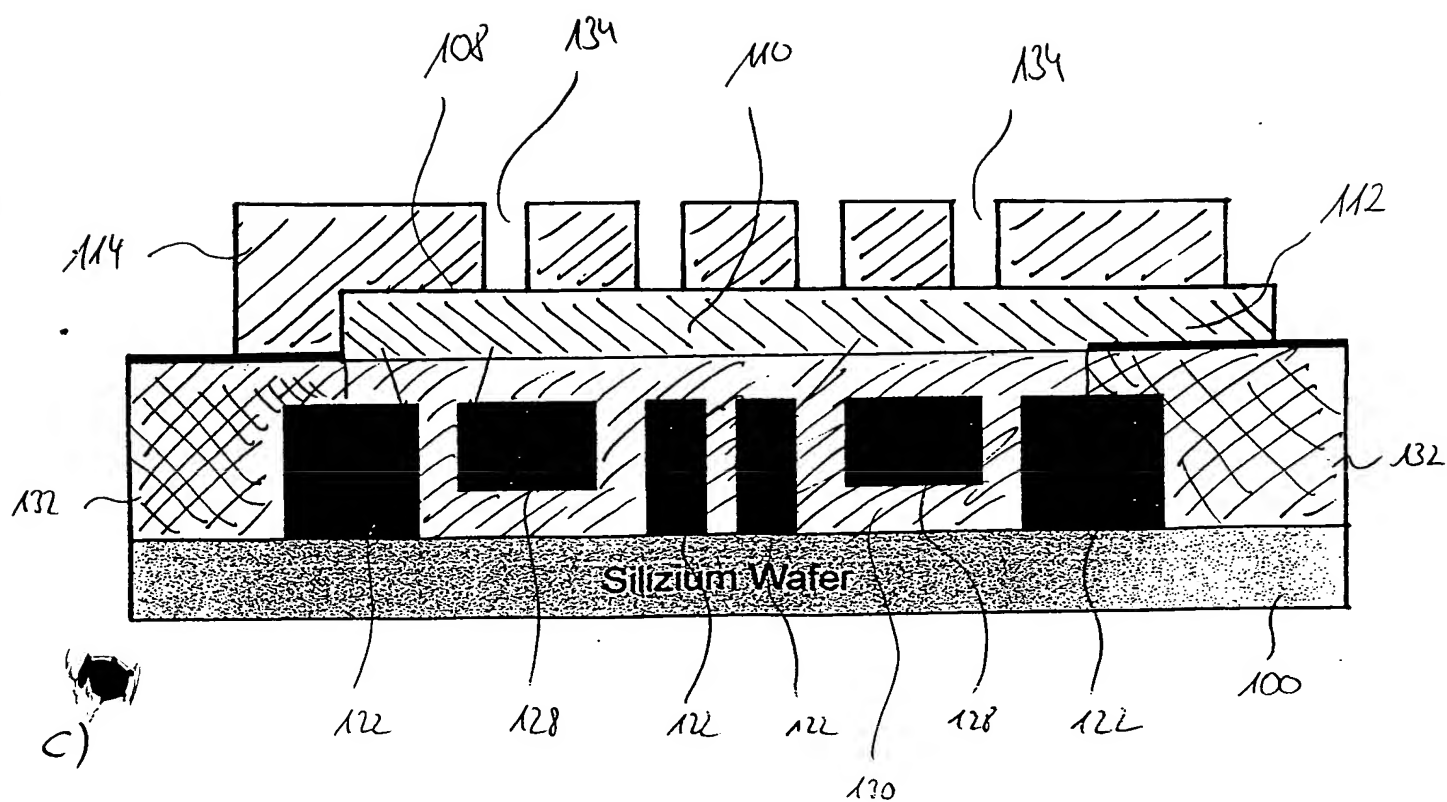


Fig. 7